Iranian Journal of Field Crops Research
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

Research Article
Vol. 20, No. 4, Winter 2023, p. 451-466

Response of Agronomic and Phenological Characteristics of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Cultivars with Different Growth Habit to Delayed Planting

M. Behneh[1], Sh. Rezvan[2*], S. Sanjani[3], J. Masoud Sinaki[4]

Received: 08-03-2022 Revised: 25-04-2022 Accepted: 05-05-2022	**How to cite this article:** Behneh, M., Rezvan, Sh., Sanjani, S. & Masoud Sinaki, J. (2023). Response of Agronomic and Phenological Characteristics of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Cultivars with Different Growth Habit to Delayed Planting. *Iranian Journal of Field Crops Research, 20*(4), 451-466. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jcesc.2022.75720.1151

Introduction

Wheat (*Triticum aestivum* L.) is one of the most important crops in the world as well as in Iran. It has experienced many improvements in terms of yield and quality traits during recent decades. Wheat, like energy, is known as a strategic commodity and is one of the important indicators of agriculture. This plant has the highest area under cultivation and production among other cereals in the world. Planting date is an important factor in crop production because meteorological parameters vary with changes in planting date. Delay in planting is one of the problems that is common in almost all wheat growing areas of Iran and is one of the main causes of reduced yields of wheat cultivars. Yield reduction rate varies depending on the delay in planting and cultivars, and the results of some experiments indicate that this amount sometimes reaches more than 35% of potential grain yield. Phenology and growth rate due to their effect on duration and the occurrence of different stages of development and the environmental conditions prevailing in each of these stages, are the key point of adaptation to various environmental conditions such as delayed planting date. This experiment was designed to identify the changes in yield and yield components and phenological stages of new bread wheat cultivars with different growth habits and to investigate the possibility of introducing cultivars compatible with delayed planting date in the region.

Materials and Methods

This research was conducted in two separate experiments based on a complete randomized block design with optimum planting date (6th November) and delayed planting date (6th December) on 10 new bread wheat cultivars with three replications on the research farm of the Seed and Plant Improvement Research Institute in Karaj in two years (2016-2018). The bread wheat cultivars include Pishgam, Heidari, Rakhshan, Sivand, Baharan, Sirvan, Parsi, Mehregan, Chamran 2 and Chamran. Yield and yield components such as number spike per m^2, number of grain per spike, 1000-grain weight were measured at the end of the growing season to evaluate responses of the cultivars to the various planting dates. In addition, the phenological stage was recorded during the growing season.

Results and Discussion

Results indicated that delayed planting date from 15th Nov. to 15th Dec. caused a significant reduction on

1- Phd Student of Agronomy, Damghan Branch, Islamic Azad University, Damghan, Iran
2- Assistant Professor, Department of Agriculture, Production and Technology of Herbal Medicines Research Center, Damghan Branch, Islamic Azad University, Damghan, Iran
3- Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agriculture Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
4- Assistant Professor, Department of Agriculture, Production and Technology of Herbal Medicines Research Center, Damghan Branch, Islamic Azad University, Damghan, Iran
(*- Corresponding Author Email: shahramrezvan93@yahoo.com)
https://doi.org/10.22067/jcesc.2022.75720.1151

grain yield (from 7485 to 6066 $kg.ha^{-1}$), number of spikes per m^2 (from 698 to 605), number of grain per spike (from 28.5 to 25.8 seed), and 1000 grain weight (from 41.1 to 38.4 g). The interaction effects of planting date and cultivars were significant on grain yield and yield components. The highest and lowest grain yield belonged to Pishgam (7436 $kg.\ ha^{-1}$) on optimum planting date and Chamran (5842 $kg.ha^{-1}$) on delayed planting date, respectively. Delayed planting date reduced duration of planting to double ridge (from 736 to 641 GDD), planting to terminal spikelet (from 982 to 886 GDD), planting to anthesis (from 1608 to 1457 GDD) and planting to maturity (from 2456 to 2265 GDD).

Conclusion

Duration of different developmental stage is very important for the formation of yield components that determine the final grain yield. Although these stages are a genetic trait, but they are affected by plant growth conditions and environmental stresses, climatic factors, especially temperature and day length. Our research showed that delay in planting reduced grain yield by 18% compared to the optimum planting date because of the reduced number of spikes per m^2 and vegetative and grain-filling periods.

Based on the results, in cases of delayed planting date (unfavorable weather conditions, insufficient planting equipment, etc.) in Karaj region or similar climatic regions, early maturity cultivars such as Mehregan and Chamran 2 and moderate maturity cultivar like Sivand are recommended in order to minimize yield loss.

Keywords: Grain yield, Growth-degree day, Phenological stage, Planting date, Yield components

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۲۰، شماره ٤، زمستان ١٤٠١، ص ٤٦٦-٤٥١

واکنش خصوصیات زراعی و فنولوژیکی ارقام گندم نان (*Triticum aestivum* L.) با عادت رشد متفاوت به تأخیر در کاشت

مجید بهنه[1]، شهرام رضوان[2]*، سارا سنجانی[3]، جعفر مسعود سینکی[4]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۱۵

چکیده

به‌منظور بررسی خصوصیات زراعی و فنولوژیکی ارقام جدید گندم نان در تاریخ‌های کاشت مطلوب و تأخیری این آزمایش در دو سال زراعی (۱۳۹۶-۹۸) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در کرج اجرا شد. این تحقیق در دو آزمایش جداگانه با تاریخ کشت مطلوب منطقه (۱۵ آبان) و کشت تأخیری (۱۵ آذر) انجام شد. ارقام آزمایش شامل سه گروه: ارقام زمستانه و بینابین دیررس (پیشگام و حیدری)، ارقام بهاره متوسطرس (رخشان، سیوند، پارسی، بهاران و سیروان) و ارقام بهاره زودرس (مهرگان، چمران ۲ و چمران) بودند. از ابتدای فصل رشد در هر تیمار مراحل فنولوژی تعیین شد و در انتهای فصل رشد عملکرد و اجزای عملکرد بررسی شدند. نتایج این پژوهش نشان داد که تأخیر در کاشت از ۱۵ آبان تا ۱۵ آذر سبب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه (از ۷۴۸۵ به ۶۰۶۶ کیلوگرم در هکتار)، تعداد سنبله در مترمربع (از ۶۹۸ به ۶۰۵ سنبله در مترمربع)، تعداد دانه در سنبله (از ۲۸/۵ به ۲۵/۸ دانه) و وزن هزار دانه (از ۴۱/۱ به ۳۸/۴ گرم) شد. بیشترین و کمترین عملکرد دانه به‌ترتیب مربوط به رقم پیشگام (۷۴۳۶ کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کاشت مطلوب و رقم چمران (۵۸۴۲ کیلوگرم در هکتار) در کشت تأخیری بود. تأخیر در کاشت موجب کاهش طول دوره کاشت تا ظهور برجستگی دوگانه (از ۷۳۶ به ۶۴۱ درجه-روز رشد)، کاشت تا ظهور سنبلچه انتهایی (از ۹۸۲ تا ۸۸۶ درجه-روز رشد)، کاشت تا گرده‌افشانی (از ۱۶۰۸ به ۱۴۵۷ درجه-روز رشد) و کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک (از ۲۴۵۶ به ۲۲۶۵ درجه-روز رشد) شد. بر اساس نتایج به نظر می‌رسد اثر تاریخ کاشت بر کاهش طول دوره رشد ارقام گندم از طریق کاهش تمامی مراحل اصلی نمو به‌خصوص دوره رشد رویشی (کاشت تا ظهور برجستگی دوگانه) ایجاد شده است. همچنین نتایج حاکی از آن بود که طول دوره مراحل مختلف نمو در ارقام سازگار با مناطق اقلیمی مختلف با یکدیگر متفاوت بود. به‌طوری‌که در تاریخ کاشت مطلوب و تأخیری ارقام سازگار با اقلیم سرد بالاترین و ارقام سازگار با اقلیم گرم کمترین نیاز حرارتی را برای مراحل مختلف نموی داشتند. نتایج نشان داد که بیشترین اختلاف ارقام در مراحل فنولوژیک در نیاز حرارتی مورد نیاز برای انتقال از مرحله رویشی به زایشی بود. با توجه به نتایج به نظر می‌رسد در شرایطی که کشت به تأخیر بیفتد ارقام سازگار با اقلیم گرم (بهاره و زودرس) از جمله مهرگان و چمران ۲ جایگزین مناسبی برای کشت در مناطق معتدل باشند.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، تاریخ کاشت، درجه روز رشد، عملکرد دانه، مراحل فنولوژیک

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) یکی از مهم‌ترین گیاه زراعی ایران و جهان بوده و از لحاظ عملکرد، کیفیت و خصوصیات ظاهری در طول دهه‌های اخیر پیشرفت‌های فراوانی را تجربه کرده است. گندم همانند انرژی، کالایی راهبردی شناخته می‌شود و از شاخص‌های مهم کشاورزی محسوب می‌گردد. این گیاه بالاترین سطح زیر کشت و تولید را در بین دیگر غلات در جهان به خود اختصاص داده است (Suleiman *et al*., 2014) و هر ساله حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد اراضی زیر کشت محصولات زراعی کشور را به خود اختصاص می دهد. سطح زیر کشت گندم (آبی و دیم) در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ برابر با حدود ۶ میلیون هکتار گزارش شد که۴۹/۶ درصد زمین‌های زراعی کشور را

۱- دانشجوی دکتری زراعت، واحد دامغان، دانشگاه آزاد اسلامی، دامغان، ایران
۲- استادیار، مرکز تحقیقات تولید و فن‌آوری داروهای گیاهی، واحد دامغان، دانشگاه آزاد اسلامی، دامغان، ایران
۳- استادیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۴- استادیار، مرکز تحقیقات تولید و فن‌آوری داروهای گیاهی، واحد دامغان، دانشگاه آزاد اسلامی، دامغان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: shahramrezvan93@yahoo.com)
https://doi.org/10.22067/jcesc.2022.75720.1151

به خود اختصاص داده بود. میزان تولیدگندم (آبی و دیم) در کل کشور ۱۳/۵ میلیون تن گزارش شده است (Ahmadi *et al.*, 2019).

دستیابی به پتانسیل عملکرد محصولات زراعی از جمله گندم متأثر از ژنتیک، شرایط محیطی، اثر متقابل آن‌ها و اعمال مدیریت در استفاده بهینه از منابع می‌باشد. بنابراین علاوه بر معرفی رقم‌های پرمحصول و پایدار باید از ظرفیت ژنتیکی آن‌ها در شرایط اقلیمی و منابع مختلف در جهت پایداری تولید و امنیت غذایی کشور بهره برد (Faragee *et al.*, 2013). در حال حاضر پدیده تغییر اقلیم و آثار مهم آن بر رشد و نمو محصولات زراعی و در نهایت میزان تولید، به یکی از نگرانی‌های جامعه جهانی در مورد امنیت غذایی تبدیل شده است (Liu *et al.*, 2010). بنابراین شناسایی و استفاده از ژنوتیپ‌های سازگار و متحمل به شرایط مختلف اقلیمی می‌تواند از جمله روش‌های موفقیت‌آمیز در تولید گندم باشد.

تأخیر در کاشت یکی از مشکلاتی است که تقریباً در کلیه مناطق گندم کاری کشور متداول است و می‌توان آن‌را یکی از علل اصلی کاهش عملکرد ارقام گندم محسوب کرد. میزان کاهش عملکرد بسته به میزان تأخیر در کاشت و ارقام متفاوت بوده و نتایج برخی آزمایش‌ها بیانگر است که این میزان گاهی به بیش از ۳۵٪ عملکرد دانه پتانسیل (در شرایط تاریخ کشت مطلوب) می‌رسد (Jafarnezhad & Sharif-al-Hosseini, 2011; Sharifi, 2016; Ezatahmadi, 2011). ایشان دلیل عمده کشت دیرهنگام را به علت تأخیر در آزاد شدن زمین از محصول قبلی (کشت بهاره مانند چغندر و صیفی‌جات) ذکر کردند.

تغییر تاریخ کاشت با تغییر شرایط محیطی (عمدتا درجه حرارت و طول روز) حاکم بر رشد (Equiza *et al.*, 1997)، نمو، پنجه‌زنی (Sharratt, 1991) شرایط تخصیص (Tollenaar, 1989) و در نهایت عملکرد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. نتایج مطالعات متعدد نشان داده است که اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم بر عملکرد دانه معنی‌دار است (Ezatahmadi, 2011; Sharifi, 2016)، به بیان دیگر واکنش ارقام گندم به تأخیر در کاشت یکسان نبوده و برخی ارقام گندم سازگاری بیشتری با شرایط محیطی ناشی از تأخیر کاشت داشته و میزان افت عملکرد آن‌ها کمتر از سایرین است. از آنجا که تفاوت اصلی محصول در تاریخ کاشت‌های مختلف به دلیل آن است که دست کم در طی مراحل اولیه، رشد و نمو گیاه در شرایط متفاوت نور و دما انجام شده است (Emam & Nicknezhad, 1994). سازگاری بیشتر برخی ارقام به تأخیر کشت به منزله آن است این ارقام با بهره‌گیری از سازوکارهای متفاوت، قدرت انعطاف‌پذیری و خود کنترلی بیشتری در پاسخ به تغییر شرایط محیطی دارند (Sharifi, 2016).

رنا و همکاران (Reena *et al.*, 2019) با بررسی اثر تأخیر در کاشت بر عملکرد گندم نشان دادند که یک ماه تأخیر در کاشت در منطقه‌ای در هند موجب کاهش ۲۲ تا ۲۴ درصدی عملکرد طی دو سال آزمایش شد که علت آن‌را گرمای انتهای فصل ذکر کردند. گرشاسبی و همکاران (Garshasbi *et al.*, 2019) به بررسی هشت رقم گندم با طول دوره رسیدگی مختلف و سازگار با مناطق اقلیمی متفاوت در چهار تاریخ کشت پرداختند. در بین ارقام مختلف رقم مهرگان بالاترین عملکرد را داشت که البته اختلاف معنی‌داری با رقم سیوند، حیدری، پیشگام و سیروان نشان نداد. در تاریخ کاشت ۲۰ مهرماه رقم حیدری و پیشگام (سازگار با اقلیم سرد تا معتدل) و در تاریخ کاشت ۵ آذر رقم مهرگان (سازگار با اقلیم گرم) بالاترین عملکرد را نشان دادند. جعفرنژاد (Jafarnejad, 2009) طی مطالعه‌ای دوساله روی تعیین مناسب‌ترین تاریخ کاشت برای ارقام مختلف گندم نان دارای تیپ‌های متفاوت رشد در نیشابور گزارش نمود که اثر تاریخ کاشت بر تعداد سنبله در متر مربع، وزن تک دانه، ارتفاع بوته و تعداد روز تا ظهور سنبله معنی‌دار بود، ولی اثر آن بر عملکرد دانه معنی‌دار نبود که علت اصلی آن به شرایط آب و هوایی متفاوت طی سال‌های مطالعه نسبت داده شد. محققان با بررسی اثر سه تاریخ کاشت (یک تاریخ کاشت به هنگام و دو تاریخ کاشت دیرهنگام) بر ۱۳ ژنوتیپ گندم بهاره در شرایط مکزیک بیان داشتند که با تأخیر در کاشت، تعداد روز تا گرده‌افشانی، تعداد روز تا رسیدگی، ماده خشک، عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در مترمربع و وزن هزار دانه کاهش ولی شاخص برداشت افزایش یافت (Ayeneh *et al.*, 2002).

زمان کشت، مراحل فنولوژیکی گیاه و تولید زیست‌توده کل را کنترل می‌کند و در کارایی تبدیل زیست‌توده به عملکرد مؤثر است (Khichar & Niwas, 2006).

فنولوژی و سرعت نمو به دلیل تأثیر بر طول دوره و زمان وقوع مراحل مختلف نمو و به تبع آن شرایط محیطی حاکم بر هر یک از این مراحل، نقطه کلیدی سازگاری با شرایط متنوع محیطی از جمله تأخیر کاشت است. زمان وقوع مراحل مختلف فنولوژیکی (نموی) گیاه گندم و نیز طول این مراحل از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده عملکرد آن می‌باشد. شناخت و آگاهی از تنوع ژنتیکی برای مراحل مختلف نموی و نیز رابطه آن‌ها با توان تولید در طیف وسیعی از ارقام گندم زمینه موفقیت هرچه بیشتر محققان اصلاح نبات را در تولید ارقام گندم با پتانسیل عملکرد بالا فراهم خواهد ساخت (Motzo & Giunta, 2007). با توجه به متغیر بودن دما و طول روز استفاده از شاخص درجه روز رشد (GDD) جهت تعیین دقیق مراحل مختلف فنولوژی گیاه ضروری است، زیرا میزان انرژی گرمایی مورد نیاز هر مرحله فنولوژی در سال‌های مختلف ثابت است. این شاخص توصیف‌کننده تجمع حرارتی مورد نیاز برای رسیدن به یک مرحله خاص از فنولوژی گیاه است که در مدل‌های پیش‌بینی مراحل رشد، تاریخ کاشت و زمان برداشت به‌کار گرفته می‌شود (Wypych *et al.*, 2017).

سگلار و همکاران (Ceglar *et al*., 2011) بیان داشتند کاهش عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های گندم در واکنش به شرایط محیطی، ناشی از تغییرات مراحل نمو و رابطه آن‌ها با عملکرد است. نتایج تحقیق شریفی (Sharifi, 2016) بر روی واکنش مراحل فنولوژیکی و عملکرد ارقام گندم نان به تأخیر کاشت نشان داد که تأخیر کاشت از ۲۰ به مهر به ۲۰ آذر سبب کاهش عملکرد و اجزای عملکرد و همچنین موجب کاهش طول دوره‌های رویشی، زایشی و همچنین طول دوره پر شدن دانه شد. ایشان بیان کرد تأخیر در کاشت طول دوره رشد را از طریق کاهش تمامی مراحل اصلی نمو اتفاق افتاده، اما کاهش طول دوره رویشی در تیپ زمستانه به مراتب بیشتر از تیپ‌های بینابین و بهاره بود، در حالی‌که اثر تأخیر کاشت بر کاهش طول دوره زایشی قبل از گرده‌افشانی در تیپ بهاره بیشتر از بینابین و زمستانه بود. جلال کمالی و همکاران (Jalal-Kamali *et al*., 2007) با بررسی مراحل فنولوژیکی ۲۰ رقم گندم سازگار به مناطق مختلف ایران گزارش کردند که طول دوره مراحل مختلف نمو در ارقام سازگار با اقلیم‌های مختلف با یکدیگر متفاوت است. آن‌ها همچنین اعلام کردند که میانگین طول دوره مرحله رویشی (از کاشت تا ظهور برجستگی دوگانه) در ارقام اقلیم سرد و معتدل سرد طولانی‌ترین و در ارقام سازگار به شرایط دیم اقلیم شمال کوتاه‌ترین بود. در نهایت آن‌ها نتیجه گرفتند که ارقام اقلیم سرد و معتدل سرد عمدتا از طریق دوره کاشت تا ظهور برجستگی دوگانه چرخه زندگی طولانی‌تری نسبت به ارقام اقلیم‌های معتدل، گرم و مرطوب شمال و گرم و خشک جنوب داشتند. نتایج مطالعه‌ای روی بررسی تأثیر زمان کاشت برطول مراحل فنولوژیکی گندم و رابطه آن با میزان تولید در منطقه گرگان نشان داد که زمان کاشت به دلیل تأثیر بر سازگارپذیری مراحل مهم نمو گیاه با مناسب‌ترین متغیرهای محیطی (همچون تشعشع دریافتی و درجه حرارت)، به‌طور معنی‌داری بر میزان تولید محصول اثرگذار است (Ahmadi *et al*., 2012).

از جمله مهم‌ترین عوامل زراعی جهت انطباق مراحل رشد و نمو گندم به منظور استفاده هرچه بیشتر از عوامل اقلیمی و دستیابی به سطح مطلوبی از عملکرد انتخاب تاریخ کاشت مناسب و انتخاب ارقام سازگار و پر محصول می‌باشد (Salamat, 2009).

بنابراین با توجه به اهمیت گیاه گندم و لزوم شناخت ارقام سازگار در هنگام تأخیر در کاشت که امری اجتناب‌ناپذیر در شرایط تغییر اقلیم کنونی می‌باشد، شناخت ارقام سازگار با عادت‌های رشدی مختلف در این شرایط، جهت آگاهی کارشناسان کشاورزی و همچنین کشاورزان منطقه لازم و ضروری به نظر می‌رسد. این تحقیق با هدف شناخت بیشتر تغییرات عملکرد و اجزای عملکرد و مراحل فنولوژی ارقام جدید گندم نان با عادت‌های مختلف رشد و بررسی امکان معرفی ارقام سازگار با کشت تأخیری در منطقه طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در دو سال زراعی (۹۷-۱۳۹۶ و ۹۸-۱۳۹۷) در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر واقع در کرج (طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۹ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۲۱ متر از سطح دریا) اجرا شد. این تحقیق در دو آزمایش جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با تاریخ کاشت مطلوب (تاریخ کاشت عرف منطقه) (۱۵ آبان) و کشت تأخیری (۱۵ آذر) بر روی ۱۰ رقم گندم نان اجرا شد. ارقام آزمایش از نظر رسیدگی شامل سه گروه: ارقام زمستانه و بینابین دیررس سازگار با مناطق سرد (پیشگام و حیدری)، ارقام بهاره متوسطرس سازگار با مناطق معتدل (رخشان، سیوند، پارسی، بهاران و سیروان) و ارقام بهاره زودرس سازگار با مناطق گرم (مهرگان، چمران و چمران ۲) بودند. خصوصیات ارقام مورد بررسی در جدول ۱ آورده شده است. استان البرز از نظر اقلیمی جزو مناطق معتدل سرد طبقه‌بندی شده است. تغییرات دما و بارندگی در طول فصل رشد گندم در دو سال آزمایش در شکل ۱ نشان داده شده است. لازم به ذکر است مبنای انتخاب ارقام متفاوت بودن طول دوره رشدی آن‌ها جهت بررسی و مقایسه در شرایط تأخیر در کاشت بود. قطعه آزمایشی مورد کشت در هر دو سال در سال قبل از اجرای آزمایش به‌صورت آیش بود. در شهریور عملیات آماده‌سازی انجام شد. ابتدا یک نوبت شخم، یک نوبت دیسک، دو نوبت لولر عمود بر هم، کودپاشی و ایجاد فارو انجام شد. در هر دو سال قبل از کشت، نمونه خاک از عمق ۳۰ سانتی‌متری با استفاده از اوگر تهیه و برای تعیین خصوصیات فیزیکی-شیمیایی به آزمایشگاه خاک‌شناسی مؤسسه تحقیقات خاک و آب منتقل شد. جدول ۲ خصوصیات خاک محل آزمایش (دو سال) را نشان می‌دهد.

کاشت با استفاده از بذرکار خطی‌کار آزمایشی وینتراشتایگر[1] (Plotman, 2100) انجام شد. هر واحد آزمایشی به طول ۷ متر و به عرض ۲/۴۸ متر شامل چهار پشته هر یک با عرض ۶۲ سانتی‌متر و سه خط کاشت بر روی هر پشته بود که بذر ارقام یاد شده با تراکم ۴۰۰ بوته در متر مربع کشت شدند. بین کرت‌ها یک پشته نکاشت فاصله در نظر گرفته شد. ضدعفونی بذور با قارچ‌کش ویتاواکس تیرام به نسبت دو در هزار قبل از کاشت انجام شد. در طول فصل رشد به‌منظور مبارزه با علف‌های هرز باریک‌برگ و پهن‌برگ مخلوطی از علف‌کش‌های گرانستار و پوماسوپر به‌ترتیب به مقدار ۲۰ گرم و یک لیتر در هکتار در مرحله پنجه‌زنی تا ساقه رفتن استفاده شد.

1- Wintersteiger

جدول ۱- برخی از خصوصیات ارقام گندم مورد مطالعه
Table 1- Some characteristics of studied wheat cultivars

شماره No.	رقم Cultivar	عادت رشد Growth habit	مناطق مناسب کاشت Suitable growing regions	گروه رسیدگی Maturity group
1	پیشگام Pishgam	بینابین Facultative	اقلیم سرد Cold climate	نسبتا دیردرس Relatively late maturity
2	حیدری Heidari	بینابین Facultative	اقلیم سرد Cold climate	دیررس Late maturity
3	رخشان Rakhshan	بهاره Spring	اقلیم معتدل Temperate climate	متوسط رس Medium maturity
4	سیوند Sivand	بهاره Spring	اقلیم معتدل Temperate climate	متوسط رس Medium maturity
5	بهاران Baharan	بهاره Spring	اقلیم معتدل Temperate climate	متوسط رس Medium maturity
6	سیروان Sirvan	بهاره Spring	اقلیم معتدل Temperate climate	متوسط رس Medium maturity
7	پارسی Parsi	بهاره Spring	اقلیم معتدل Temperate climate	زودرس Early maturity
8	مهرگان Mehregan	بهاره Spring	اقلیم گرم و خشک Warm and dry climate	زودرس Early maturity
9	چمران۲ Chamran2	بهاره Spring	اقلیم گر م و خشک Warm and dry climate	زودرس Early maturity
10	چمران Chamran	بهاره Spring	اقلیم گر م و خشک Warm and dry climate	زودرس Early maturity

جدول ۲- خصوصیات فیزیکو-شیمیایی خاک محل آزمایش در دو سال زراعی
Table 2- Physico- chemical properties of soil of experimental site

سال Year	بافت خاک Soil texture	پتاسیم قابل جذب Available potassium ($mg.kg^{-1}$)	فسفر قابل جذب Available phosphorus ($mg.kg^{-1}$)	درصد کربن آلی Organic carbon (%)	درصد نیتروژن کل Total Nitrrogen (%)	pH	EC ($dS.m^{-1}$)
1396-97	لوم Loam	206	8.5	0.57	0.05	7.9	2.12
1397-98	لوم Loam	200	7.6	0.44	0.04	7.8	1.7

برای تعیین مراحل فنولوژیکی هر ۶-۴ روز، سه گیاه به‌صورت تصادفی از هر کرت انتخاب و مرحله نمو آن‌ها بر اساس دستورالعمل کربی و اپل یارد (Kerby and Appleyard, 1987) تعیین شد. این مراحل شامل: ۱- سبز شدن، ۲- تشکیل برجستگی دوگانه، ۳- تشکیل سنبلچه انتهایی، ۴- گرده‌افشانی و ۵- رسیدگی فیزیولوژیکی بود.

درجه روز-رشد (Growing Degree Days= GDD) بر اساس رابطه (۱) محاسبه شد.

$$GDD = \sum(T_{mean} - T_b) \quad (۱)$$

که در آن Tb: دمای پایه گندم (معادل صفر درجه سانتی‌گراد)، Tmean: میانگین تصحیح شده درجه حرارت هستند (دمای حداکثر و حداقل به‌ترتیب بر اساس دمای ۳۰ و صفر درجه سانتی‌گراد تصحیح شدند).

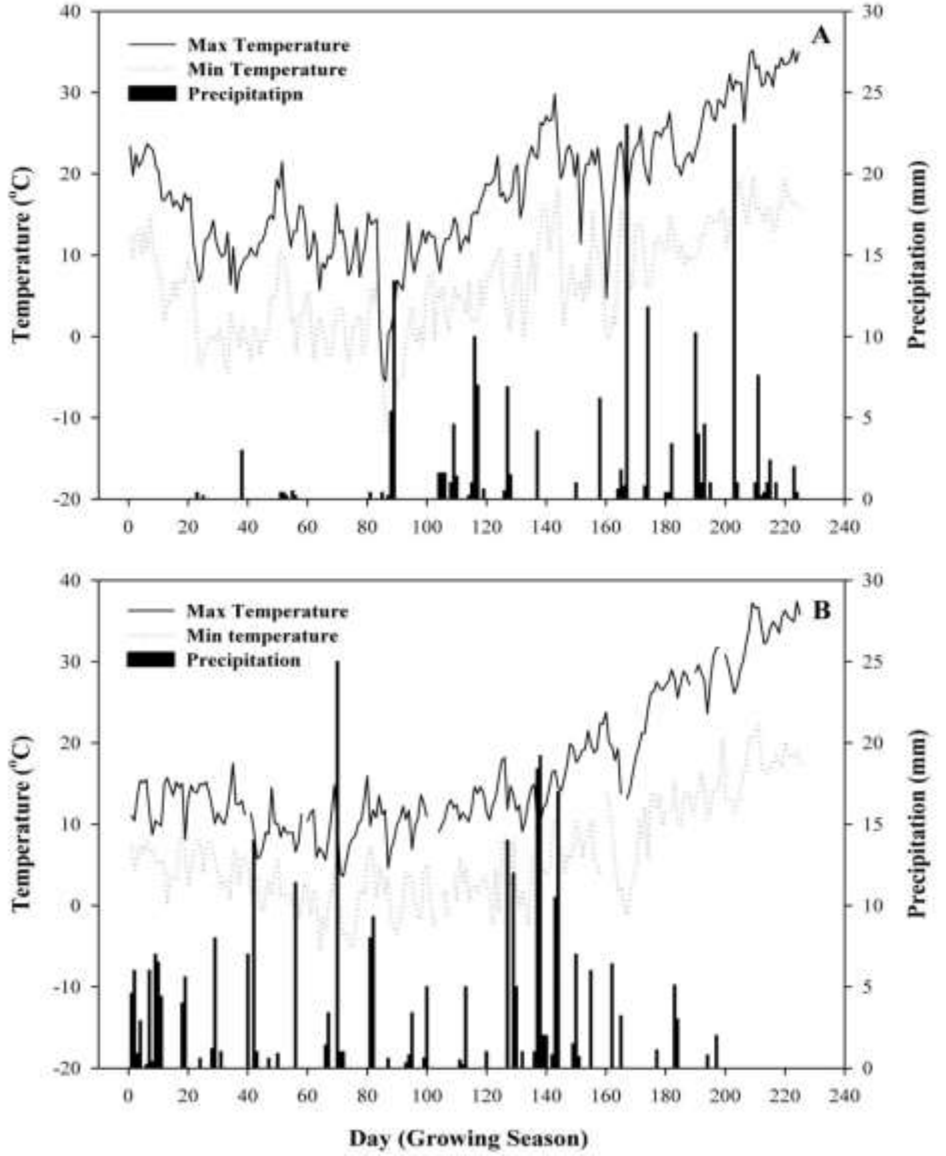
به منظور اندازه‌گیری عملکرد نهایی پس از حذف نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت، توسط کمباین وینتراشتایگر مخصوص آزمایش‌ها (مدل ۲۰۱۵) از خطوط وسط برداشت نهایی صورت گرفت. برای تعیین اجزای عملکرد از هرکرت به‌طور جداگانه نمونه‌ای به مساحت نیم مترمربع برداشت و به آزمایشگاه منتقل و اجزای عملکرد شامل تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها براساس تجزیه مرکب

در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹ و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح احتمال یک درصد انجام شد. شکل‌ها توسط نرم‌افزار Sigmaplot نسخه ۱۲ رسم شدند.

نتایج و بحث

عملکرد و اجزای عملکرد دانه

تجزیه واریانس مرکب داده‌های دو ساله نشان داد که اثر رقم، تاریخ کاشت و اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه (تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه) بسیار معنی‌دار ($p<0.01$) بود (جدول ارائه نشده است).



شکل ۱-روند تغییرات درجه حرارت و بارندگی طی دوره کاشت تا برداشت (A: ۱۳۹۶-۹۷، B: ۱۳۹۷-۹۸)
Figure 1- Variation trend in temperature and precipitation during planting to harvest (A: 2017-18, B: 2018-19)

عملکرد دانه: مقایسه میانگین‌های عملکرد دانه نشان داد که با تأخیر در کاشت میانگین عملکرد دانه از ۷۴۸۵ کیلوگرم در هکتار در تاریخ کاشت اول به ۶۰۶۶ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت (جدول ۳). نتایج حاکی از این بود که تأخیر در کاشت باعث کاهش حدود ۱۸

درصدی عملکرد دانه شد (جدول ۳). فتحی و همکاران (Fathi *et al*., 2001) کاهش عملکرد دانه گندم دوروم را با تأخیر در کاشت از ۱۵ مهر تا ۱۵ آبان گزارش کردند. فلاورز و همکاران (Flowers *et al*., 2006) در مطالعه اثر تاریخ کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه دو رقم گندم گزارش کردند که تاریخ کاشت اثر زیادی بر عملکرد داشته و تأخیر در تاریخ کاشت، عملکرد دانه را ۲۴ درصد کاهش داد.

بررسی نتایج در بین ارقام گندم مورد بررسی طی دو سال زراعی حاکی از آن بود که ارقام سازگار با اقلیم سرد و معتدل عملکرد بالاتری نسبت به اقلیم گرم نشان دادند (جدول ۳). به‌طوری‌که رقم پیشگام (۷۴۳۶ کیلوگرم در هکتار) بالاترین عملکرد را داشت که تفاوت معنی‌داری با رقم رخشان (۷۳۹۷ کیلوگرم در هکتار) نشان نداد و کمترین عملکرد دانه در رقم چمران (۵۸۴۲ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد (جدول ۳). دونمز و همکاران (Donmes *et al*., 2001) نیز طی مطالعه‌ای روی ارقام جدید گندم دریافتند که وجود تغییرات ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های مختلف منجر به بروز اختلاف در عملکرد دانه شد.

بررسی مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم بر عملکرد دانه نشان داد که رقم پیشگام در تاریخ کاشت مطلوب با مقدار ۸۷۸۴ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد را داشت و کمترین عملکرد را رقم چمران در کشت تأخیری با میزان ۵۳۹۰ کیلوگرم در هکتار نشان داد (شکل ۲). همچنین بررسی عملکرد در دو تاریخ کاشت نشان داد که کاهش عملکرد در کشت تأخیری در ارقام مختلف بین ۱۳ تا ۳۰ درصد متغیر بود، به‌طوری‌که بیشترین و کمترین درصد کاهش عملکرد به‌ترتیب مربوط به ارقام پیشگام (۳۰٪) و مهرگان (۱۳٪) بود در واقع ارقام گندم با تیپ رشد متفاوت و سازگار با مناطق مختلف، واکنش‌های متفاوتی به تاریخ کاشت نشان دادند. به‌طوری‌که با تأخیر در کاشت درصد کاهش عملکرد در ارقام بهاره کمتر از ارقام بینابین بود (شکل ۲). با توجه به نتایج به نظر می‌رسد در صورت تأخیر در کاشت در منطقه، ارقام سازگار با اقلیم گرم از جمله مهرگان و چمران ۲ که ارقامی زودرس هستند جایگزین مناسبی نسبت به سایر ارقام باشند. نتایج پژوهش گرشاسبی و همکاران (Garshasbi *et al*., 2019) با بررسی هشت رقم گندم با چهار تاریخ کاشت مختلف نشان داد که در صورت تأخیر در کاشت ارقام زودرس و سازگار با اقلیم گرم عملکرد بالاتری نسبت به ارقام سازگار با اقلیم سرد و معتدل داشتند. سوبدی و همکاران (Subedi *et al*., 2007) در مطالعه خود گزارش دادند که در تاریخ کاشت دیرهنگام پر شدن دانه در گندم با گرمای آخر فصل مواجه می‌شود و در نتیجه باعث کاهش دوره پر شدن دانه و کاهش عملکرد می‌شود.

تعداد سنبله در مترمربع: مقایسه میانگین‌ها نشان داد که طی دو سال زراعی با تأخیر در کاشت تعداد سنبله در مترمربع از ۶۹۸ به ۶۰۵ سنبله کاهش یافت (جدول ۳). بررسی نتایج اثر متقابل رقم و تاریخ کاشت بر صفت مذکور حاکی از آن بود که بیشترین تعداد سنبله در مترمربع مربوط به رقم پیشگام (۷۷۳ سنبله) در تاریخ کاشت مطلوب و کمترین آن مربوط به رقم چمران (۵۶۰ سنبله) در کشت تأخیری بود (شکل ۲). نتایج بیانگر آن بود که با تأخیر در کاشت تعداد سنبله در مترمربع در ارقام مختلف بین ۶ تا ۲۳ درصد کاهش یافت، به‌طوری‌که بیشترین و کمترین آن به‌ترتیب در رقم پیشگام و سیروان مشاهده شد. با تأخیر در کاشت ارقام زودرس (ارقام سازگار با مناطق گرم) درصد کاهش تعداد سنبله در مترمربع کمتری از ارقام دیررس (ارقام سازگار با مناطق سرد) نشان دادند. تعداد سنبله در مترمربع یکی از اجزای مهم عملکرد در شکل‌گیری عملکرد نهایی می‌باشد. بنابراین به نظر می‌رسد هرچه تعداد سنبله بارور در واحد سطح افزایش یابد عملکرد نیز افزایش یابد. تاریخ کاشت نقش مهمی در تولید پنجه بارور و در نتیجه عملکرد گندم دارد. از طرفی عملکرد گندم تا حدود زیادی وابسته به پنجه بارور است و روزهای کوتاه و خنک باعث تحریک تعداد پنجه خواهد شد (Koocheki & Sarmadnia, 2000).

تعداد دانه در سنبله: مقایسه میانگین‌های اثر تاریخ کاشت بر تعداد دانه در سنبله نشان داد که تأخیر در کاشت موجب کاهش تعداد دانه در سنبله از ۲۸/۵ در تاریخ کاشت اول به ۲۵/۸ در کشت تأخیری شد (جدول ۳). همچنین نتایج مقایسه میانگین بین ارقام مختلف در صفت مذکور نشان داد که بیشترین تعداد دانه در سنبله مربوط به رقم پیشگام (۳۰/۲ دانه در سنبله) و کمترین آن مربوط به رقم بهاران (۲۵/۱ دانه در سنبله) بود که تفاوت معنی‌داری با ارقام پارسی و چمران نشان نداد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثرمتقابل تاریخ کاشت و رقم بر تعداد دانه در سنبله نشان داد که رقم پیشگام در تاریخ کاشت مطلوب بالاترین (عدم اختلاف معنی‌دار با رقم رخشان) و رقم بهاران در کشت تاخیری کمترین (عدم اختلاف معنی‌دار با رقم چمران) تعداد دانه را به خود اختصاص دادند (شکل ۲) به نظر می‌رسد ارقام پیشگام و رخشان با حداقل زمان بیشترین مخزن را ایجاد کرده‌اند. علت این امر رابطه جبرانی بین اجزای عملکرد دانه است، یعنی با کاهش یک جزء عملکرد و افزایش در اجزای دیگر عملکرد، تا حدودی کمبود آن جبران می‌شود (Jafarnezhad *et al*., 2009).

وزن هزار دانه: مقایسه میانگین‌های دو ساله صفت وزن هزار دانه نشان داد که تأخیر در کاشت منجر به کاهش وزن هزار دانه از ۴۱/۱ به ۳۸/۴ گرم شد (جدول ۳). مقایسه میانگین وزن هزار دانه ارقام مختلف نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه مربوط به رقم مهرگان (۴۱/۳ گرم) بود که با رقم بهاران (۴۱/۰) در کلاس آماری a قرار گرفتند و کمترین وزن هزار دانه را رقم حیدری (۳۸ گرم) داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین دوساله اثر متقابل رقم و تاریخ کاشت بر وزن هزار دانه نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه متعلق به رقم

بهاران در تاریخ کاشت مطلوب (۴۳/۰ گرم) و کمترین آن متعلق به رقم حیدری (۳۶/۳ گرم) در کشت تأخیری بود (شکل ۲).

به نظرمی‌رسد دلیل کاهش وزن هزار دانه در کشت تأخیری عمدتاً به‌خاطر کاهش طول دوره هر یک از مراحل رشدی و در این میان از همه مهم‌تر طول دوره پر شدن دانه به دلیل عدم برخورداری از فاصله زمانی مناسب از مرحله بعد از گرده‌افشانی تا رسیدن و برخورد طول این دوره با گرمای آخر فصل باعث گردید طول دوره پر شدن دانه کاهش و به دنبال آن دانه‌ها چروکیده شوند و در نهایت وزن هزار دانه در تاریخ کاشت دیرهنگام کاهش یابد. در سوبان و همکاران (Subhan *et al.*, 2004) با مطالعه اثر تاریخ کاشت بر گندم گزارش کردند که تأخیر در تاریخ کاشت گندم بیشترین اثر را در میان اجزای عملکرد بر روی وزن هزار دانه گندم داشت.

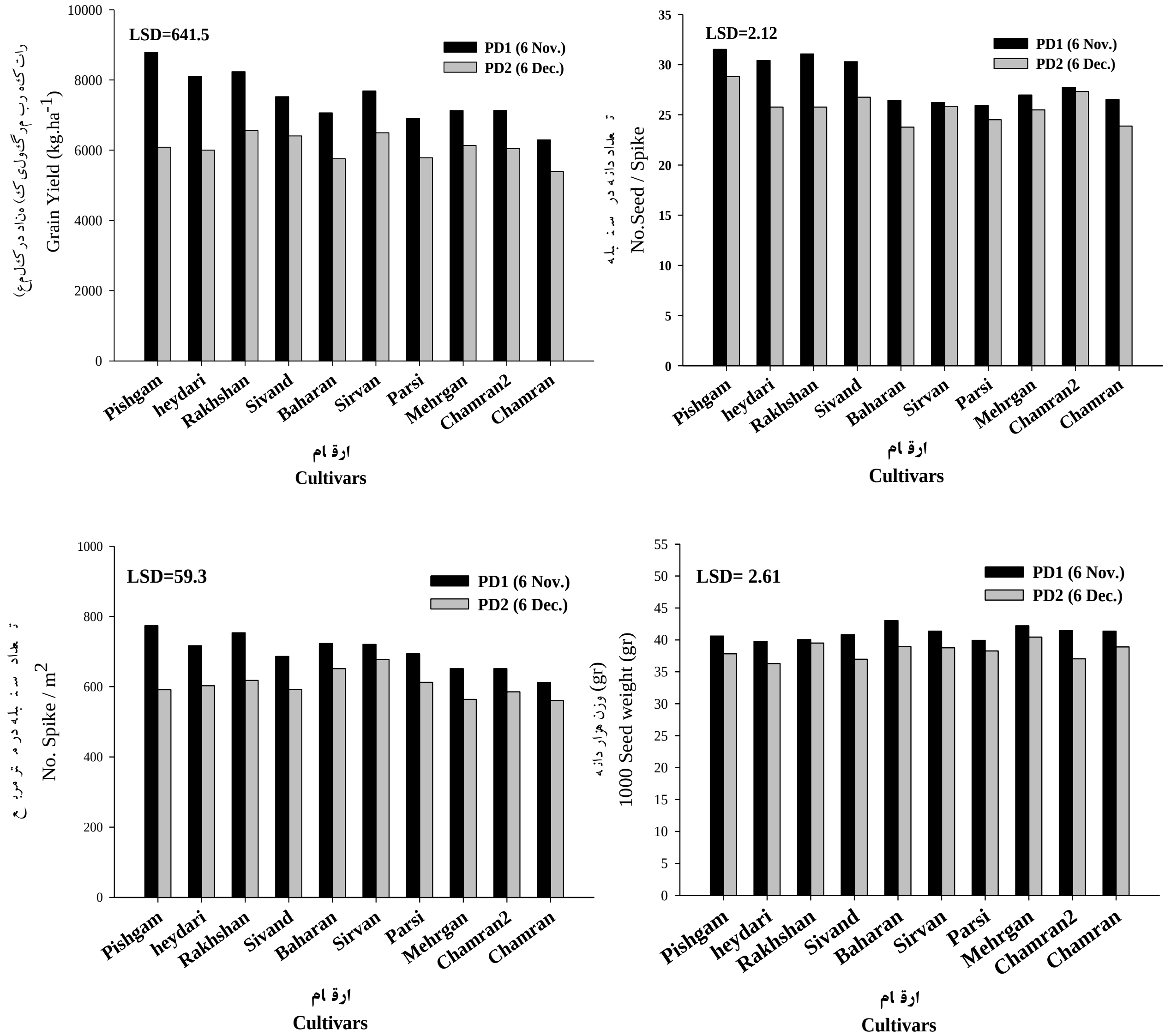
جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد اثرات اصلی تیمارهای آزمایش در دو سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۶

Table 3- 3 Mean comparison of main factor on yield and yield component in two cropping seasons (2017-2019)

تیمارها Treatments		عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	وزن هزار دانه 1000 grain weight (g)	تعداد دانه در سنبله Number of grain per spike	تعداد سنبله در مترمربع Number of $spikes.m^{-2}$
تاریخ کاشت Planting date	Nov.6 ۱۵ آبان	7485 a	41.1 a	28.5 a	698 a
	Dec.6 ۱۵ آذر	6066 b	38.4 b	25.8 b	605 b
رقم Cultivar	Pishgam پیشگام	7436 a	39.2 ab	30.2 a	682 a
	Heidari حیدری	7049 abc	38.0 b	28.1 ab	660 ab
	Rakhshan رخشان	7397 a	40.4 ab	28.4 a	685 a
	Sivand سیوند	6965 abc	38.9 ab	28.5 a	639 abc
	Bahahran بهاران	6410 d	41.0 a	25.1 c	687 a
	Sirvan سیروان	7090 ab	40.1 ab	26.0 bc	698 a
	Parsi پارسی	6349 d	39.1 ab	25.2 c	653 ab
	Mehregan مهرگان	6632 bcd	41.3 a	26.2 bc	607 bc
	Chamran2 چمران ۲	6586 cd	39.2 ab	28.6 a	618 bc
	Chamran چمران	5842 e	40.1 ab	25.2 c	586 c

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر عامل، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column and for each factor with a at least one letter in common are not significantly different at the 1% probability level.



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و تاریخ کاشت بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد در دو سال زراعی (۱۳۹۸-۱۳۹٦) (PD1: تاریخ کاشت مطلوب؛ PD2: کاشت تأخیری)

Figure 2- Mean comparison of interaction effect of cultivar and planting date on grain yield and yield component in two cropping seasons (2017-2019). (PD1: optimum planting date; PD2: delayed planting date).

مراحل فنولوژیک

تجزیه واریانس مرکب دادههای دو ساله مراحل فنولوژیک نشان داد که تاریخ کاشت، ارقام و اثر متقابل آن‌ها بر مراحل مختلف نموی تأثیر معنی‌داری داشتند (نتایج ارائه نشده است). میانگین درجه-روز رشد برای رسیدن به مراحل مختلف نمو در تاریخ‌های کاشت و ارقام مورد بررسی در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر مقدار درجه-روز رشد لازم برای ظهور برجستگی دوگانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و با تأخیر کاشت این مقدار از ۷۳۶ درجه-روز رشد در تاریخ کاشت مرسوم به ۶۴۱ درجه-روز رشد در کشت تأخیری کاهش یافت (جدول ۴). شریفی (Sharifi, 2016) با بررسی سه تاریخ کاشت بر روی ارقام گندم با عادت‌های رشد متفاوت گزارش کرد که تغییرات درجه حرارت برای تأمین نیاز بهاره‌سازی در تاریخ کاشت اول (ابتدای پاییز) کافی نبود و این امر تأمین و تکمیل نیاز بهاره‌سازی تاریخ کاشت اول را عمدتا تا نیمه دوم پاییز (مصادف با تاریخ کاشت دوم و سوم) به تأخیر انداخته و این امر طولانی‌تر شدن ظهور برجستگی دوگانه در این تاریخ کاشت را به همراه داشت. کربی و همکاران (Kirby *et al.*, 1999) نیز با مطالعه

اثر تاریخ کاشت بر طول مراحل نمو ارقام گندم نشان دادند که تـأخیر در کاشت سبب کاهش درجه-روز رشد لازم بـرای ظهـور برجسـتگی دوگانه ارقام مورد بررسی شد و ایـن کـاهش را در ارتبـاط بـا تسـریع تأمین نیاز بهاره‌سازی در کشت‌های تأخیری بیان نمودند.

تجزیه واریانس داده‌های طول دوره از کاشت تا برجستگی دوگانه در ارقام گندم مورد بررسی نشان داد که تفاوت بـین ارقـام در سـطح احتمال یک درصد معنی‌داری بـود (نتـایج ارائـه نشـده اسـت). ارقـام پیشگام و چمران ۲ با ۷۶۳ و ۶۳۳ درجه-روز رشد به‌ترتیب بیشترین و کمترین نیاز حرارتی لازم برای رسیدن بـه مرحلـه ظهـور برجسـتگی دوگانه را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). رقم پیشگام دارای عادت رشدی بینابین و سازگار با اقلیم سرد و رقم چمران ۲ رقمی بـا عـادت رشد بهاره و سازگار با اقلیم گرم و با نیاز بهاره‌سازی پایین مـی‌باشـد. مطالعات مختلف نشان داده اسـت کـه طـول دوره کاشـت تـا ظهـور برجستگی دوگانه در ارقام با عادت رشد زمستانه و بنیابین طولانی‌تر از ارقـام بهـاره مـی‌باشـد (Jalal Kamali *et al*., 2007; Stefany, 1993) و این امر در ارتباط با نیاز بهاره‌سازی ارقام زمستانه و بینـابین توجیه شده است به‌طوری‌که در تاریخ‌های کاشت زود، علت تـأخیر در ظهور برجستگی دوگانه و طولانی‌تر شـدن طـول دوره رشـد رویشـی ارقام زمستانه و بینابین نسبت به ارقام بهاره این طور بیان شده اسـت که حرارت بهینه برای تأمین نیاز بهاره‌سازی فراهم نبوده است. تفاوت مشاهده‌شده در بین ارقام بهاره از نظر درجه-روز رشـد مـورد نیـاز تـا مرحله ظهور برجستگی دوگانه نیز ممکن است به واکـنش آن‌هـا بـه عوامل محیطی (ماننـد طـول روز و غیـره) و اخـتلاف ژنتیکـی آن‌هـا نسبت داده شود (Acevedo *et al*., 2002).

نتایج تجزیه واریانس دو ساله نشان داد که درجه-روز رشد مـورد نیاز برای ظهور سنبلچه انتهایی با تأخیر در کاشـت، کـاهش یافـت و به‌عبـارتی اثـر تـاریخ کاشـت بـر ایـن مرحلـه نمـوی معنـی‌دار بـود. به‌طوری‌که با تأخیر در کاشت درجه-روز رشـد مـورد نیـاز از ۹۸۲ بـه ۸۸۶ درجـه-روز رشـد کـاهش یافـت (جـدول ۴). همچنـین مقایسـه میانگین ارقام نشان داد که اختلاف معنی‌داری بـین ارقـام مختلـف از نظر درجه-روز رشد مورد نیاز برای ظهور سنبلچه انتهایی بود (جـدول ۴). همانطور که مشاهده می‌شود ارقـام سـازگار بـا اقلـیم سـرد بـرای رسیدن به مرحله ظهور سنبلچه انتهایی به درجـه-روز رشـد بیشـتری نسبت به سایر ارقام مورد مطالعه نیاز دارند. به‌طوری‌که ارقام پیشگام و حیدری (۱۰۱۶ و ۱۰۱۴ درجـه-روز رشـد) بـالاترین و رقـم مهرگـان (۸۵۶ درجه-روز رشد)که رقم زودرس و سازگار بـا اقلـیم گـرم اسـت، کمترین درجه-روز رشد را برای رسیدن به مرحله نموی مذکور داشتند (جدول ۴).

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر مقدار درجه-روز رشد لازم از کاشت تا مرحله گرده‌افشانی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و بـا تـأخیر در کاشـت ایـن مقـدار از ۱۶۰۸ درجه-روز رشد در تاریخ کاشت مرسـوم بـه ۱۴۵۷ درجـه-روز رشد در کشـت تـأخیری کـاهش یافـت (جـدول ۴). دوره کاشـت تـا گرده‌افشانی شامل دو مرحله رویشی (قبل از ظهور برجستگی دوگانـه) و زایشی (برجستگی دوگانه تا گرده‌افشانی) می‌باشـد. محققـان نشـان دادند که نیاز بهاره‌سازی مهم‌ترین عامل بـر طـول دوره رویشـی و در دوره زایشی دما مؤثرترین عامل محیطـی بـر سـرعت نمـو مـی‌باشـد (Slafer & Whitechurch, 2001). به نظر مـی‌رسـد اثـر تـأخیر در کاشت بر کاهش دوره کاشت تا گرده‌افشانی از طریـق کـاهش طـول دوره رویشی (تسریع نیاز بهاره‌سازی) و دوره زایشی (افزایش دمـا) رخ داده است.

فاصله زمانی بین ظهور سنبلچه انتهایی تا گـرده‌افشـانی یکـی از مهم‌ترین مراحل فنولوژیک اثرگذار بر عملکـرد دانـه گنـدم مـی‌باشـد (Gonza Lez *et al*., 2003). کوتاه بودن این مرحلـه ممکـن اسـت موجب شود سایه‌انداز به خوبی شکل نگیرد در نتیجه تعداد پنجه‌هـای بارور در بوته و به دنبال آن تعداد سـنبله در مترمربـع کـاهش یابـد و بوته‌ها اندوخته مواد غذایی کافی برای استفاده در مرحله پر شدن دانه نداشته باشند و عملکرد کاهش می‌یابد. به عبارتی طـول دوره زایشـی قبل از گرده‌افشانی بـا عملکـرد دانـه همبسـتگی مثبـت دارد (Jalal Kamali & Sharifi, 2010) و به نظر می‌رسد یکی از عوامل کاهش عملکرد دانه در کشت‌های تأخیری باشد.

نتایج مطالعه‌ای بر روی ارقام مختلف گندم نان نشـان داد کـه بـا تأخیر در کاشت درجه- روز رشد برای صفت کاشت تـا ظهـور اولـین برگ افزایش و برای صفات کاشت تا ظهور بـرگ پـرچم، کاشـت تـا گرده‌افشانی و کاشـت تـا رسـیدگی فیزیولوژیـک کـاهش معنـی‌داری داشت (Sasani *et al*., 2019).

تجزیه واریانس مرکب داده‌های طـول دوره از مرحلـه کاشـت تـا گرده‌افشانی نشان داد که اثر متقابل رقم و تاریخ کاشت بر طـول ایـن مرحله در سطح احتمال یک درصد معنی‌داری بود (نتـایج ارائـه نشـده است). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد کـه رقـم پیشـگام در تـاریخ کاشت مرسوم با ۱۷۵۱ درجه-روز رشد بالاترین و رقـم چمـران ۲ در کشت تأخیری با ۱۴۴۲ درجه-روز رشد کمتـرین نیـاز حرارتـی بـرای رسیدن به مرحله گرده‌افشانی را دارد (شکل ۳). با توجه بـه نتـایج، در هر دو تاریخ کاشت مورد مطالعه طول ایـن دوره در ارقـام سـازگار بـا اقلیم سرد و معتدل بیشتر از ارقام سازگار با اقلیم گرم بـود (شـکل ۳). البته قابل ذکر است در تاریخ کاشـت تـأخیری ایـن تفـاوت در ارقـام مختلف بهاره معنی‌دار نبود.

در تاریخ کاشت تـأخیری درجـه-روز رشـد مـورد نیـاز از مرحلـه گرده‌افشانی تا رسیدگی که در واقع دوره پرده شـدن دانـه مـی‌باشـد، کمتر بود (از ۸۴۸ به ۸۰۸ درجه- روز رشد کاهش یافت) که ایـن امـر منجر به اثر منفی بر عملکرد دانه شد. طول دوره پـر شـدن دانـه بـه موجب اثرگذاری بر وزن دانه، اهمیت زیادی در تعیین عملکـرد دانـه

گندم دارد و کاهش این دوره با کاهش عملکرد همراه می‌باشد. به نظر می‌رسد این امر یکی از دلایل احتمالی کاهش عملکرد ارقام مختلف در کشت تأخیری بود (جدول ۳).

نتایج این پژوهش نشان داد که در دو تاریخ کاشت مورد مطالعه طول دوره رویشی در ارقام با تیپ رشد بینابین (پیشگام و حیدری) بیشتر و طول دوره زایشی تا قبل از گرده‌افشانی برابر با ارقام با تیپ رشد بهاره بود (شکل ۴). طول دوره پر شدن دانه (برحسب درجه-روز رشد) نیز در رقم پیشگام (۹۵۳ درجه-روز رشد) بالاترین و در رقم مهرگان (۷۴۷ درجه-روز رشد) کمترین مقدار بود (شکل ۴).

تجزیه واریانس مرکب داده‌های طول دوره از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک نشان داد که تفاوت بین تاریخ‌های کاشت، ارقام و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌داری بود (نتایج ارائه نشده است). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که درجه- روز رشد از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک در تاریخ کشت مرسوم و تأخیری به‌ترتیب برابر با ۲۴۵۶ و ۲۲۶۵ درجه روز بود که نشان داد ارقام مختلف گندم در کشت تأخیری، دوره زندگی خود را در دوره کوتاه‌تری کامل می‌کنند، زیرا فرآیند تجمع نشاسته که متأثر از فرآیند فتوسنتزی می‌باشد، در مدت زمان معین و بر اساس شرایط محیطی بدون توجه به زمان کاشت آن پایان می‌یابد (Hussain *et al*., 2012). نتایج پژوهشی نشان داد که زمان رسیدگی فیزیولوژیک متناسب با تأخیر در کاشت به تعویق نیفتاد به طوری که ۶۰ روز تأخیر در کاشت منجر به ۶ روز تأخیر در رسیدگی فیزیولوژیک شد (Sharifi, 2016). ایشان با بررسی تغییرات میانگین دما در مراحل مختلف نمو بیان کردند که میانگین دما در کشت تأخیری در دوره رویشی کمتر و در دوره رشد زایشی و پر شدن دانه بیشتر از تاریخ کشت اول (مرسوم) بود. که این امر سبب کاهش دوره رشد رویشی، دوره رشد زایشی و پر شدن دانه گندم شد. مطالعات بسیاری نشان دادند که تاریخ کاشت تأثیر زیادی بر مراحل رشد و نمو گیاه دارد، به طوری که تغییر در زمان کاشت موجب تغییر شدید در طول مراحل نمو شد (Ashena *et al*., 2016). محققان دیگر نیز افزایش دمای تجمعی تاریخ کاشت بهینه را در همه مراحل فنولوژیک گندم نسبت به تاریخ کاشت‌های تأخیری گزارش کردند (Sikder, 2009).

جدول ٤- مقایسه میانگین مراحل فنولوژیک تحت تأثیر تاریخ کاشت و رقم در دو سال زراعی (۱۳۹٦-۱۳۹۸)

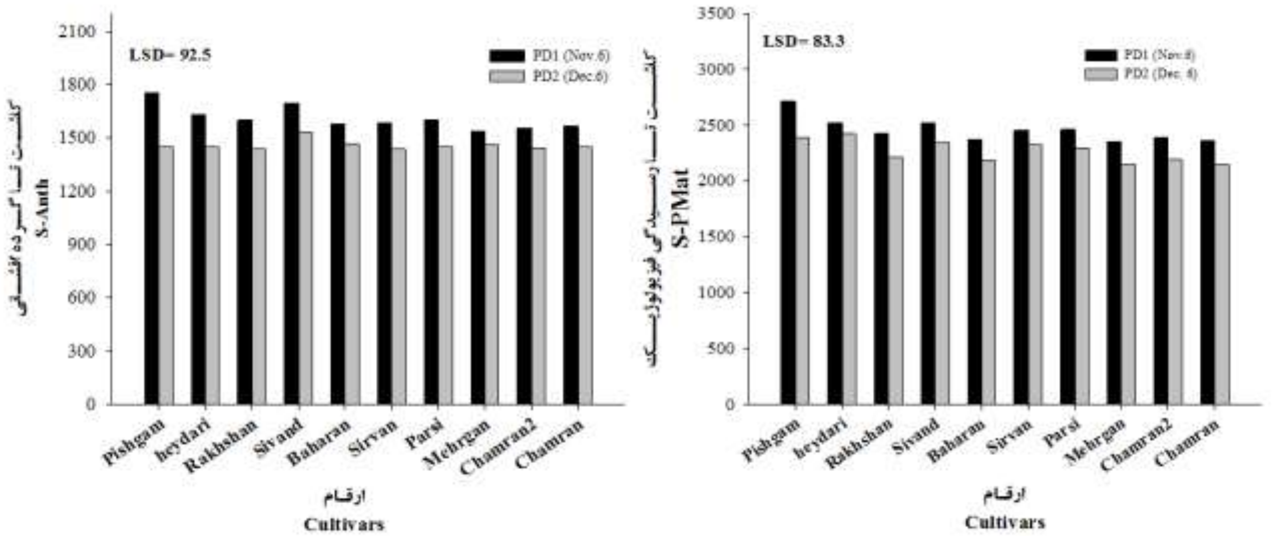
Table 4- Mean comparison of duration of phenological stage as affected by sowing date and cultivars in two cropping seasons (2017-2019)

تیمارها Treatments		کاشت تا ظهور برجستگی دوگانه *S-DR	کاشت تا ظهور سنبلچه انتهایی S-TS	کاشت تا گرده‌افشانی S-Anth	کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک S-PMat
تاریخ کاشت Planting date	Nov. 6 ۱۵ آبان	736 a	982 a	1608 a	2456 a
	Dec. 6 ۱۵ آذر	641 b	886 b	1457 b	2265 b
رقم Cultivar	Pishgam پیشگام	763 a	1016 a	1600 ab	2552 a
	Heidari حیدری	735 ab	1014 a	1539 bc	2469 b
	Rakhshan رخشان	670 c-f	893 cd	1520 c	2320 de
	Sivand سیوند	683 cde	964 ab	1613 a	2432 bc
	Bahahran بهاران	688 cd	907 bcd	1520 c	2276 e
	Sirvan سیروان	699 bcd	927 bc	1507 c	2387 cd
	Parsi پارسی	713 bc	932 bc	1524 c	2380 cd
	Mehregan مهرگان	642 ef	856 d	1500 c	2251 e
	Chamran2 چمران ۲	633 f	874 cd	1498 c	2290 e
	Chamran چمران	662 def	961 ab	1508 c	2256 e

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر عامل، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

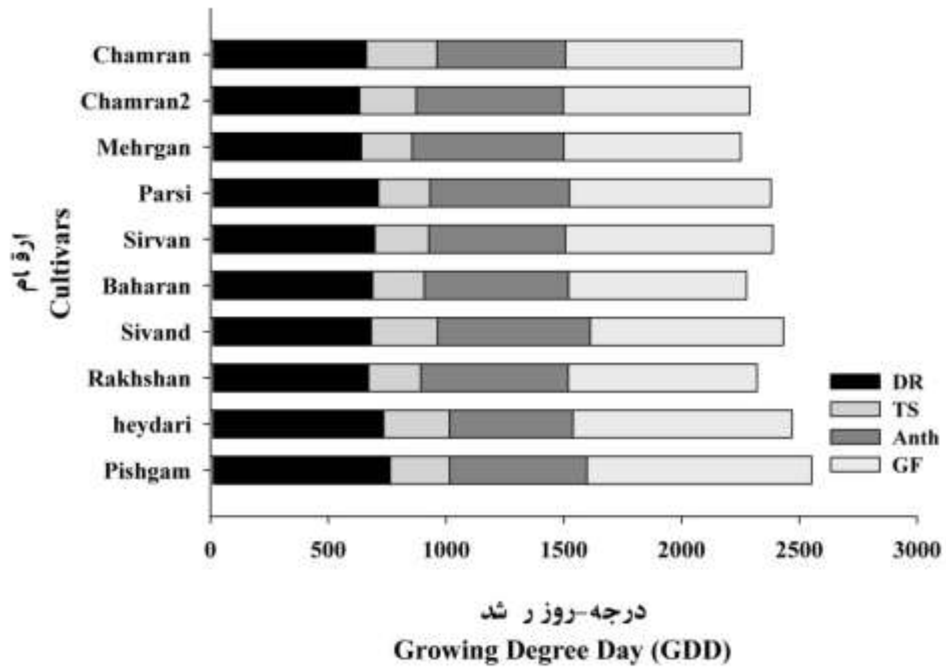
Means in each column and for each factor with a at least one letter in common are not significantly different at the 1% probability level.

* S-DR: Sowing to double ridge; S-TS: Sowing to terminal spiklet; S-Anth: Sowing to Anthesis; S-PMat: Sowing to physiological maturity.



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم بر طول مراحل فنولوژی در دو سال زراعی (۹۸-۱۳۹۶) (PD1: تاریخ کاشت مطلوب؛ PD2: کاشت تأخیری؛ S-Anth: مرحله کاشت تا گرده‌افشانی، S-PMat: مرحله کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک).

Figure 3- Mean comparison of planting date and cultivar interaction effect on phenological stage in two cropping seasons (2017-2019). (PD1: optimum planting date; PD2: delayed planting date; S-Anth: planting to Anthesis stage, S-Mat: planting to Maturity stage).



شکل ٤- طول مراحل مختلف نمو در ارقام گندم نان (DR: کاشت تا ظهور برجستگی دوگانه (دوره رویشی)؛ TS: ظهور برجستگی دوگانه تا ظهور سنبلچه انتهایی؛ Anth: ظهور سنبلچه انتهایی تا گرده‌افشانی؛ GF: دوره پر شدن دانه).

Figure 4- Duration of different developmental stages in bread wheat cultivars (DR: planting to double ridge; TS: double ridge to terminal spiklet; Anth: terminal spiklet to Anthesis; GF: grain filling stage).

طول دوره کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک در ارقام گندم مورد مطالعه معنی‌دار بود. به طوری که رقم پیشگام با ۲۵۵۲ درجه-روز

رشد بیشترین و رقم مهرگان با ۲۲۵۱ درجه–روز رشد کمترین (تفاوت معنی‌داری با ارقام چمران و چمران ۲ نداشت) طول دوره را داشتند (جدول ۴). بررسی مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و تاریخ کاشت نیز نشان داد که رقم پیشگام در تاریخ کاشت مرسوم (۲۷۱۲ درجه روز رشد) بالاترین و رقم مهرگان در تاریخ کاشت تأخیری (۲۱۴۶ درجه–روز رشد) کمترین طول دوره رشد را به خود اختصاص دادند (شکل ۳).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که تأخیر در کاشت منجر به کاهش عملکرد دانه گندم حدود ۱۸ درصد شد. با توجه به نتایج به نظر می‌رسد کاهش تعداد سنبله بارور در واحد سطح (کاهش حدود ۱۳ درصد در تاریخ کشت تأخیری نسبت به تاریخ کشت مطلوب) مؤثرترین جزء در تغییرات عملکرد بود. به‌طوری‌که با تأخیر در کاشت گیاه فرصت کافی برای پنجه‌زنی مناسب ندارد. برای تشکیل اجزای عملکرد دانه که در نهایت تعیین‌کننده عملکرد نهایی می‌باشند، طول دوره‌های مختلفی نموی بسیار مهم هستند، اگرچه این مراحل یک صفت ژنتیکی است اما تحت تأثیر شرایط رشد گیاه و تنش‌های محیطی، عوامل آب و هوایی به‌ویژه دمای محیط و طول روز قرار می‌گیرند. با توجه به نتایج این پژوهش قابل ذکر است در کشت تأخیری درجه– روز رشد مورد نیاز برای رسیدن به مرحله برجستگی دوگانه، ظهور سنبلچه انتهایی، گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک کمتر از تاریخ کاشت مطلوب بود. بنابراین اثر تاریخ کاشت بر کاهش طول دوره رشد ارقام گندم از طریق کاهش تمامی مراحل اصلی نمو به‌خصوص دوره رشد رویشی (کاشت تا ظهور برجستگی دوگانه) ایجاد شده است که یک کاهش ۱۳ درصدی را نسبت به تاریخ کشت مطلوب نشان داد. کاهش دوره رشد رویشی به معنای کاهش تولید تعداد برگ و تعداد پنجه‌ها می‌باشد. مقایسه میانگین مراحل نموی در ارقام مختلف گندم نیز نشان داد که بالاترین درجه– روز رشد لازم برای رسیدن به مرحله برجستگی دوگانه، سنبلچه انتهایی و رسیدگی فیزیولوژیک متعلق به رقم پیشگام (به‌ترتیب ۷۶۳، ۱۰۱۶، ۲۵۵۲ درجه– روز رشد) بود و کمترین درجه– روز رشد برای مرحله ظهور برجستگی دوگانه (۶۳۳ درجه–روز رشد) مربوط به رقم چمران ۲ بود، در حالی‌که کمترین درجه– روز رشد برای ظهور سنبلچه انتهایی و رسیدگی (به‌ترتیب ۸۵۶ و ۲۲۵۱ درجه–روز رشد) در رقم مهرگان مشاهده شد. نیاز حرارتی ارقام سازگار با اقلیم سرد با عادت رشدی بینابین بیشتر از سایر ارقام بود. به نظر می‌رسد این ارقام برای انتقال از مرحله رویشی به زایشی نیازمند یک دوره سرما به نام بهاره‌سازی می‌باشند که تکمیل نشدن آن سبب تأخیر در شروع دوره زایشی می‌شود و این نیاز در ارقام مختلف بسته به عادت رشد آن‌ها متفاوت می‌باشد. براساس نتایج حاصل از این پژوهش در صورت تأخیر در کشت در منطقه کرج و مناطق اقلیمی مشابه برای دستیابی به عملکرد دانه مناسب ارقام زودرس از جمله مهرگان و چمران ۲ و رقم متوسطرس سیوند توصیه می‌شود تا کمترین میزان کاهش محصول حاصل شود.

References

1. Acevedo, E., Silva, P., & Silva, H. (2002). *Wheat growth and physiology*. Pp. In: Curtis, B. C., Rajaram, S., and Gomez Macpherson, H. (Eds.) Bread Wheat. Improvement and Production. Food and Agriculture Organization of the United Nation Rome 39-70.
2. Ahmadi, M., Kamkar, B., Soltani, A., Zenali, E., & Abrabameri, R. (2012). The effect of planting date on duration of phonological phases in wheat cultivars and its relation with grain yield. *Journal of Plant Production*, *17*(2), 109-122. (in Persian with English abstract).
3. Ahmadi, K., Ebadzadeh, H., Hatami, F., Abdshah, H., & Kazemian, A. (2019). https://www.maj.ir/Dorsapax/userfiles/Sub65/Amarnamehj194-95-site.pdf. (in Persian).
4. Ashena, M., Kafi, M., Jafarnezhad, A., & Sharifi, H. R. (2016). Evaluation of planting date and nitrogen effects on the development stages of wheat cultivars and their relationship with yield and yield components in Nishabur. *Journal of Crop Production*, *8*(4), 143-162. (in Persian with English abstract). https://dorl.net/dor/20.1001.1.2008739.1394.8.4.8.4
5. Ayeneh, Gh. A., Van-Ginkel, M., Reynolds, M., & Ammar, K. (2002). Comparison of leaf, spike, peduncle and canopy temperature depression in wheat under heat stress. *Field Crops Reserch*, *79*, 173-184. https://doi.org/10.1016/S0378-4290(02)00138-7
6. Ceglar, A., Črepinsek, Z., Kajfez-Bogataj, L., & Pogacar, T. (2011). The simulation of phenological development in dynamic crop model: The Bayesian comparison of different methods. *Agricultural and Forest Meteorology*, *151*(1), 101-115. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2010.09.007
7. Donmez, E.; Sears, R. G.; Shroyer, J. P., & Paulsen, G. M. (2001). Genetic gain in yield attributes of winter wheat in the great plain. *Crop Science*, *41*, 100-106.
8. Equiza, M. A., Mirave, J. P., & Tognetti, J. A. (1997). Differential inhibition of shoot vs. root growth at low temperature and its relationship with carbohydrate accumulation in different wheat cultivars. *Annals of Botany*, *80*,

657-663. https://doi.org/10.1006/anbo.1997.0503
9. Emam, Y., & Niknejad, M. (1994). *An Introduction to the Physiology of Crop Yield*. Shiraz University Press. Shiraz, Iran. 571pp. (in Persian).
10. Ezatahmadi, M. (2011). *Effect of planting date on yield and some phonological traits of bread wheat lines/cultivars*. Proceedings of the 13th Iranian Crop Science Congress and 3rd Iranian Seed Science and Technology Conference, Karaj, Iran. (in Persian with English abstract).
11. Faragee, H., Godarzi, A., Owliaiee, H. R., & Azimi Gandoman, M. (2013). Yield of Assessraent Some Wheat Cultivars to Planting Date in Noorabad Mammasani. *Journal of Plant Production*, *35*(4), 29-42. (in Persian with English abstract).
12. Fateh, Sh., Rasouli, A., Sari Saraf, B., & Kamali, Gh. A. (2016). Study on GDD for wheat growing season period in Iran. *Journal of Climate Research*, *27*, 1-9. (in Persian with English abstract).
13. Fathi, G., Siadat, S. A., Rossbe, N., Abdali-Mashhadi, A. R., & Ebrahimpoor, F. (2001). Effect of planting date and seed density on yield components and grain yield of wheat Dena cultvar in Yassoj conditions. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, *8*(3), 23-31. (in Persian with English abstract).
14. Flowers, M., James, C., Petrie, S., Machado, S., & Rhinhart, K. (2006). Planting date and seeding rate effects on the yield of winter and spring wheat varieties results from the 2005-2006 cropping year. *Agricultural Research*, *12*(2), 72-74.
15. Garshasbi, L., Paknejad, F., Jasemi, S. S., Nabi Ilkaee, M., & Sanjani, S. (2019). Evaluation of quantitative traits of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in different planting dates. *Journal of Agroecology*, *12*(4), 703-721. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/agry.2021.37597
16. Hussain, M., Farooq, M., Shabir, G., Khan, M. B., Zia, A. B., & Lee, D. J. (2012). Delay in planting decreases wheat productivity. *International Journal of Agriculture and Biology*, *14*, 533-539.
17. Jafarnezhad, A. (2009). Determination of optimum sowing date for bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars with different flowering habits in Neishabour. *Seed and Plant Production Journal*, *25*(2), 117-135. (in Persian with English abstract).
18. Jafarnezhad, A., & Sharif-al-hosseini, M. (2011). Response of spring wheat cultivars to different planting dates in Neishabour. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *8*(6), 983-994. (in Persian with English abstract).
19. Jalal Kamali, M. R., Sharifi, H. R., Khodarahmi, M., Jokar, R., Torkaman, H., & Ghavidel, N. (2007). Variation in developmental stages and its relationships with yield and yield components of bread wheat cultivars under field conditions: I. Phenology. *Seed and Plant*, *23*(4), 445-472. (in Persian with English abstract).
20. Jalal Kamali, M. R., & Sharifi, H. R. (2010). Variation in developmental stages and its relationships with yield and yield components of bread wheat cultivars under field conditions: II- Yield and yield components. *Seed and Plant Production Journal*, *26-2*(1), 1-23 (in Persian with English abstract).
21. Liu, S., Mo, X., Lin, Z. H., Xu, Y., Ji, J., Wen, G., & Richey, J. (2010). Crop yield responses to climate change in the Huang-Huai-Hai Plain of China. *Agricultural Water Management*, *97*, 1195-1209.
22. Khichar, M. L., & Niwas, R. (2006). Microclimatic profiles under different sowing environments in wheat. *Journal of Agro meteorology*, *8*, 201-209.
23. Kirby, E. J. M., Spink, J. H., Frost, D. L., Sylvester-Bradley, R., Scott, R. K., Foulkes, M. J., Clare, R. W., & Evans, E. J. (1999). A study of wheat development in the field: analysis by phases. *European Journal of Agronomy*, *11*, 63-82. https://doi.org/10.1016/S1161-0301(99)00022-2
24. Koocheki, A. R., & Sarmadnia, G. H. (2000). *Plant Physiology*. Mashhad University publication. Iran.
25. Motzo, R., & Giunta, F. (2007). The effect of breeding on the phonology of Italian durum wheats: From landraces to modern cultivars. *European Journal of Agronomy*, *26*, 462-470. https://doi.org/10.1016/j.eja.2007.01.007
26. Reena, O. V., Chandra, S., Shankhdhar, S. C., & Gautam, P. (2019). Studies on phenological development and yield of wheat in relation To sowing dates, seed priming and foliar nutrition. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *8*(7), 2668-2678. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.807.329
27. Salamat, N. (2009). Effect of planting date on yield and yield components of late Maturity wheat cultivars. *Crop Physiology*, *1*(3): 37-50. (in Persian with English abstract).
28. Sharifi, H. R. (2016). Response of phenological development stages, grain yield and yield components of bread wheat cultivars with different growth habits to delayed planting. *Seed and Plant*, *2*(32), 21-44. (in Persian with English abstract).
29. Sharratt, B. S. (1991). Shoot growth, root length density, and water use of barley grown at different soil temperature. *Agronomy Journal*, *83*, 237-239.
30. Slafer, G. A., & Whitechurch, E. M. (2001). *Manipulating wheat development to improve adaptation*. In: Reynolds, M. P., Ortiz-Monasterio, J. I., and McNab, A. (Eds.) Application of physiology in wheat breeding. Mexico, D. F.: CIMMYT, Mexico.
31. Sikder, S. (2009). Accumulation heat unit and phenology of wheat cultivars as influenced by late sowing heat stress condition. *Journal of Agriculture and Rural Development*, *7*(1 & 2): 57-64. https://doi.org/10.3329/jard.v7i1.4422
32. Stefany, P. (1993). *Vernalization requirement and response to daylength in guiding development in wheat*. Wheat

Special Report No. 22, Mexico, DF, CIMMYT, Mexico. 37 pp.
33. Subedi, K. D., Ma, B. L., & Xue, A. G. (2007). Planting date and nitrogen effects on grain yield and protein content of spring wheat. *Crop Science*, *47*, 36-44. https://doi.org/10.2135/cropsci2006.02.0099
34. Suleiman, A. A., Nganya, J. F., & Ashraf, M. A. (2014). Effect of cultivar and sowing date on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) Khartoum, Sudan. *Journal of Forest Products and Industries*, *3*(4), 198-203.
35. Tollenaar, M. (1989). Response of dry matter accumulation in maize to temperature: I. Dry matter partitioning. *Crop Science*, *29*, 1239-1246.
36. Wypych, A., Sulikowska, A., Ustrnul, Z., & Czekierda, D. (2017). Variability of growing degree days in Poland in response to ongoing climate changes in Europe. *International Journal of Biometeorology*, *61*, 49-59. https://doi.org/10.1007/s00484-016-1190-3